

DIN EN ISO 9920



ICS 13.040.20; 13.180; 61.020

Ersatz für
DIN EN ISO 9920:2007-10

**Ergonomie der thermischen Umgebung –
Abschätzung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes
einer Bekleidungskombination (ISO 9920:2007, Korrigierte Fassung
2008-11-01);
Deutsche Fassung EN ISO 9920:2009**

Ergonomics of the thermal environment –
Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble
(ISO 9920:2007, Corrected version 2008-11-01);
German version EN ISO 9920:2009

Ergonomie des ambiances thermiques –
Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à l'évaporation d'une tenue
vestimentaire (ISO 9920:2007, Version corrigé 2008-11-01);
Version allemande EN ISO 9920:2009

Gesamtumfang 107 Seiten

Normenausschuss Ergonomie (NAErg) im DIN

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 9920:2007, Korrigierte Fassung 2008-11 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 9920:2009 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Dieses Dokument wird auf nationaler Ebene vom NA 023-00-05 GA „Ergonomie der physikalischen Umgebung“ im Normenausschuss Ergonomie (NAErg) betreut.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 9920:2007-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Gleichung (38) wurde verbessert;
- b) in Gleichung (15) wurde das Multiplikationssymbol korrigiert;
- c) in Bild A.1 wurde die Schreibweise von „China“ und „Sokchina“ verbessert in „Chima“ und „Sokchima“;
- d) in Gleichung (F.8) wurde „ I_{cl} “ ersetzt durch „ I_{cli} “;
- e) in der Beschreibung von „ H “ in der Gleichung (F.1) wurde ein Minuszeichen ergänzt: „ $W \cdot m^{-2}$ “;
- f) in der Beschreibung der Gleichung (G.6) wurde „mittlere Hauttemperatur“ ersetzt durch „mittlere Oberflächentemperatur der Bekleidung“;
- g) der Begriff „Gewicht“ wurde durch „Masse“ ersetzt;
- h) die Werte von I_{cl} und I_t der Nr. 134 in Tabelle A.2 wurden korrigiert;
- i) In Anhang A und Anhang C wurden einleitende Texte aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 9920: 2004-02, 2007-10

Deutsche Fassung

**Ergonomie der thermischen Umgebung —
Abschätzung der Wärmeisolation und des
Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination
(ISO 9920:2007, Korrigierte Fassung 2008-11-01)**

Ergonomics of the thermal environment —
Estimation of thermal insulation and water vapour
resistance of a clothing ensemble
(ISO 9920:2007, Corrected version 2008-11-01)

Ergonomie des ambiances thermiques —
Détermination de l'isolement thermique et de la résistance à
l'évaporation d'une tenue vestimentaire
(ISO 9920:2007, Version corrigé 2008-11-01)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. Mai 2009 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Begriffe	6
3 Anwendung dieser Internationalen Norm	10
4 Abschätzung der Wärmeisolation einer Bekleidungskombination auf der Grundlage von Tabellen und Messwerten an einer stehenden Wärmesimulatorpuppe	12
4.1 Allgemeines	12
4.2 Isolationswerte von vollständigen Kombinationen	13
4.3 Wärmeisolationswerte von Kombinationen auf der Grundlage von Einzelkleidungsstücken	13
4.4 Isolation durch die vollständige Kombination, korrigiert um kleine Unterschiede in der Zusammensetzung	14
4.5 Berechnung der Wärmeisolation durch Bekleidungskombinationen	14
4.6 Berechnung der Wärmeisolation von Einzelkleidungsstücken	15
5 Abschätzung des Bekleidungsflächenfaktors	15
6 Abschätzung der Isolation durch die Luftgrenzschicht	16
7 Abschätzung des Verdunstungswiderstandes	17
7.1 Allgemeines	17
7.2 Abschätzung des Verdunstungswiderstandes von Bekleidungskombinationen auf der Grundlage von Tabellen mit Messwerten an einer stehenden Wärmesimulatorpuppe	17
7.3 Abschätzung des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination auf der Grundlage seiner Beziehung zum Widerstand gegen den trockenen Wärmeverlust	17
8 Einfluss von Körperbewegungen und Wind auf die Wärmeisolation und den Verdunstungswiderstand einer Bekleidungskombination	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Korrektur der Isolation durch die Bekleidung	19
8.3 Korrektur des Verdunstungswiderstandes der Bekleidung	24
8.4 Aktivitäten außer Gehen	26
8.5 Relative Luftgeschwindigkeit	26
9 Weitere Faktoren, die die Bekleidungsisolation beeinflussen	28
9.1 Allgemeines	28
9.2 Körperhaltung	28
9.3 Wirkung von Sitzen	28
9.4 Auswirkungen des Drucks	28
9.5 Durchnässen	28
9.6 Waschen	28
Anhang A (normativ) Wärmeisolationswerte für Bekleidungskombinationen	29
Anhang B (normativ) Wärmeisolationswerte für Einzelbekleidungsstücke	47
B.1 Liste von Kleidungsstücken und ihre Werte	47
B.2 Bilder der Kleidungsstücke	60
Anhang C (normativ) Werte des Wasserdampfpermeabilitätsindex für Bekleidungskombinationen	74
Anhang D (informativ) Messung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination an einer Wärmesimulatorpuppe	87
D.1 Wärmeverlust	87
D.1.1 Allgemeines	87

D.1.2	Berechnung der Isolation aus Messungen an der Simulatorpuppe	88
D.2	Verdunstungswiderstand	91
D.2.1	Allgemeines	91
D.2.2	Berechnung des Verdunstungswiderstandes der Simulatorpuppe.....	91
D.3	Schlussfolgerung	93
Anhang E (informativ)	Messung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination an Menschen.....	94
Anhang F (informativ)	Unterschiedliche Definitionen der Wärmeisolation der Bekleidung	96
Anhang G (informativ)	Abschätzung des Wärmeaustauschs bei reflektierender Kleidung	98
G.1	Allgemeines	98
G.2	Reflexion der strahlenden Wärme	99
Anhang H (informativ)	Anleitung zur Ermittlung der bedeckten Körperoberfläche.....	100
Literaturhinweise		103

Vorwort

Der Text von ISO 9920:2007, korrigierte Fassung 2008-11-01 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 9920:2009 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomics“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2009 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 9920:2007.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9920:2007, korrigierte Fassung 2008 wurde vom CEN als EN ISO 9920:2009 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Diese Internationale Norm ist eine aus einer Reihe Internationaler Normen, die für die Anwendung bei der Untersuchung der thermischen Umgebung bestimmt sind. Sie ist ein Grundlagendokument für die Bewertung der thermischen Kennwerte einer Bekleidungskombination (Wärmeisolation und Verdunstungswiderstand). Diese Werte müssen bekannt sein, wenn die thermische Beanspruchung oder der Behaglichkeitsgrad, die durch die thermische Umgebung erzeugt werden, nach genormten Verfahren bewertet werden. Die in dieser Internationalen Norm bestimmten thermischen Kennwerte sind solche für stationäre Prüfbedingungen. Eigenschaften wie die „Pufferwirkung“ der Kleidung, deren Wasseraufnahme und Ähnliches werden nicht behandelt.

Die Betonung in dieser Internationalen Norm wird auf die Abschätzung der thermischen Kennwerte gelegt. Der Wärmeverlust und der Verdunstungswiderstand können auch direkt gemessen werden, und dies wird in den Anhängen diskutiert.

Diese Internationale Norm behandelt nicht die örtliche Wärmeisolation an unterschiedlichen Körperteilen und auch nicht die Unbehaglichkeit infolge einer uneinheitlichen Verteilung der Bekleidung am Körper.

Der Wärmehaushalt des Menschen in einer neutralen, kalten und warmen Umgebung wird durch die getragene Kleidung beeinflusst. Zur Bewertung der thermischen Beanspruchung des Menschen in der Kälte (Isolationsindex IREQ, siehe ISO/TR 11079), in neutralen Umgebungen (Indices PM-V--PPD, siehe ISO 7730) und in der Hitze (Index vorhergesagte Wärmebeanspruchung, siehe ISO 7933) müssen die thermischen Kennwerte der Bekleidungskombination, d. h. die Wärmeisolation und der Verdunstungswiderstand bekannt sein.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Verfahren zur Abschätzung der thermischen Kennwerte (Widerstand gegen den Verlust an trockener Wärme und Verdunstungswiderstand) unter stationären Prüfbedingungen für eine Bekleidungskombination fest, die sich auf Werten für bekannte Kleidungsstücke, Bekleidungskombinationen und Textilien begründet. Sie behandelt den Einfluss von Körperbewegungen und des Luftdurchganges durch die Kleidung auf die Wärmeisolation und den Verdunstungswiderstand.

Diese Internationale Norm behandelt nicht

- andere Wirkungen der Bekleidung wie Wasseraufnahme, Pufferwirkung und Tragekomfort,
- den Einfluss von Regen und Schnee auf die thermischen Kennwerte,
- spezielle Schutzkleidung (wasser- oder luftgekühlte Anzüge, beheizte Kleidung) und
- die örtliche Wärmeisolation an verschiedenen Körperteilen und die Unbehaglichkeit infolge der Asymmetrie der Bekleidungskombination.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1

Wärmeisolation

I

Widerstand gegen den Verlust an trockener Wärme zwischen zwei Oberflächen, angegeben in Quadratmeter mal Kelvin durch Watt ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)

ANMERKUNG 1 Für die Anwendung dieser Internationalen Norm wird er als das *Äquivalent des gleichmäßigen Wärmedurchgangswiderstandes* oder der Wärmeisolation an einem menschlichen Körper betrachtet. Das die Wärmeisolation, die bei gleichmäßiger Bedeckung der gesamten Körperoberfläche (einschließlich Händen, Gesicht usw.) zum gleichen Wärmeverlust führen würde wie die tatsächliche, möglicherweise nicht gleichmäßige Wärmeisolation. Diese Wärmeisolation ist der Quotient des Temperaturgradienten zwischen den Oberflächen (als treibende Kraft) und des Verlusts an trockener Wärme je Einheit Hautoberfläche.

$$I = \frac{\text{Temperaturgradient}}{\text{Wärmeverlust je Einheit der Körperoberfläche}} \quad (1)$$

Für den menschlichen Körper kann dieser Widerstand in einzelne Schichten aufgeteilt werden, wie in Bild 1 dargestellt (siehe Anhang F).

ANMERKUNG 2 Wegen der speziellen Definition der Wärmeisolation in dieser Internationalen Norm wird diese üblicherweise in „clo“ angegeben, der Einheit der Wärmeisolation der Bekleidung. Obgleich diese Einheit in SI-Einheiten umgewandelt werden kann, ähnlich wie bei der Wärmeisolation von z. B. Textilproben [Symbol: R_{ct} ; 1 clo = $0,155 (\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1})$], ist die Bedeutung unterschiedlich.

2.1.1

Gesamtisolation

I_{T}

Wärmeisolation zwischen der Körperoberfläche und der Umgebung (einschließlich der gesamten Bekleidung, der eingeschlossenen Luftschichten und der Luftgrenzschicht) unter statischen Referenzbedingungen

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG Auf der Gleichung (1) basierend wird sie ausgedrückt als:

$$I_T = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{H} \quad (2)$$

Dabei ist

- $\bar{t}_{sk}$ die mittlere Temperatur der Hautoberfläche, in Grad Celsius;
- t_o die operative Temperatur, in Grad Celsius (in den meisten Fällen gleich der Temperatur der Luft, t_a);
- H der Verlust an trockener Wärme der Hautoberfläche, in Watt je Quadratmeter.

2.1.2

Grundisolation

Bekleidungsisolation

I_{cl}

Wärmeisolation zwischen der Hautoberfläche und der Außenfläche der Bekleidung (einschließlich der eingeschlossenen Luftschichten) unter statischen Referenzbedingungen

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG Auf der Gleichung (1) basierend wird sie ausgedrückt als:

$$I_{cl} = \frac{\bar{t}_{sk} - t_{cl}}{H} \quad (3)$$

Dabei ist $\bar{t}_{cl}$ die mittlere Oberflächentemperatur der Bekleidung, in Grad Celsius.

2.1.3

Luftisolation

I_a

Wärmeisolation durch die Luftgrenzschicht um die Außenfläche der Bekleidung oder, bei unbekleidetem Körper, um die Hautoberfläche

Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 1 Auf der Gleichung (1) basierend wird sie ausgedrückt als:

$$I_a = \frac{\bar{t}_{cl} - t_o}{H} \quad (4)$$

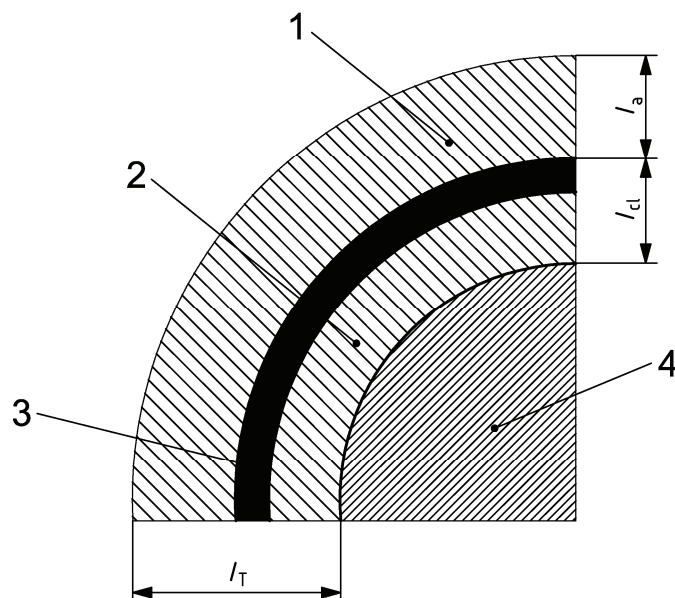
ANMERKUNG 2 Der Verlust an trockener Wärme setzt sich aus Wärmeverlust durch Strahlung und Konvektion zusammen (siehe Anhang G). In dieser Internationalen Norm werden diese Wärmeübertragungen durch die Kleidungs-schichten nicht getrennt berücksichtigt; für die Luftschicht können sie getrennt berücksichtigt werden. Die alternative Darstellung ist dann:

$$I_a = \frac{1}{h_c + h_r} \quad (5)$$

Dabei ist

- h_c der Koeffizient der konvektiven Wärmeübertragung, in Watt je Quadratmeter mal Kelvin ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$);
- h_r der Wärmeaustauschkoeffizient durch Strahlung, in Watt je Quadratmeter mal Kelvin ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$).

ANMERKUNG 3 Diese Werte sind für genormte Bedingungen (unbewegter Körper und Windstille, d. h. Windgeschwindigkeit $< 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) definiert. Bei Vorliegen einer Luftbewegung oder beim Bewegen des Körpers wird dies sich auf die Wärmeisolation auswirken (sie im typischen Fall verringern), in diesem Fall wird er als *resultierender oder dynamischer Widerstand gegen Wärmeverlust* bezeichnet.



Legende

- 1 Luftgrenzschicht
- 2 eingeschlossene Luftschicht
- 3 Bekleidung
- 4 Körper

Bild 1 — Schematische Darstellung der Gesamtisolation, Grundisolation und Luftisolation

2.1.4 Bekleidungsflächenfaktor

f_{cl}

Verhältnis der äußeren Oberfläche des bekleideten Körpers zur Oberfläche des unbekleideten Körpers

ANMERKUNG 1 Die äußere Oberfläche einer bekleideten Person, A_{cl} , ist größer als die Oberfläche einer unbekleideten Person, A_{Du} . Ihr Verhältnis ist deshalb größer 1.

$$f_{cl} = \frac{A_{cl}}{A_{Du}} \quad (6)$$

ANMERKUNG 2 Die Grundisolation und die Luftisolation addieren sich nicht einfach zur Gesamtisolation. Ursache dafür ist die Oberflächendifferenz zwischen der Außenfläche der Bekleidung und der Haut. Wegen der größeren Oberfläche der Außenfläche der Bekleidung wird die isolierende Wirkung der Luftisolation für den Körper umso mehr verringert, je dicker die Kleidung (je größer die Außenfläche der Bekleidung) ist:

$$I_T = I_{cl} + \frac{I_a}{f_{cl}} \quad (7)$$

2.1.5 wirksame Gesamtisolation dynamische Gesamtisolation

$I_{T,r}$

aktuelle Wärmeisolation von der Körperoberfläche bis zur Umwelt (einschließlich Kleidung, eingeschlossene Luftschichten und Luftgrenzschicht) unter den gegebenen Umgebungsbedingungen und Aktivitäten

ANMERKUNG Dies ist der Wert der Gesamtisolation (I_T) in der aktuellen Situation (im Gegensatz zur Referenzsituation) einschließlich der Effekte durch Bewegung und Wind. Werte für I_T , die in dieser Internationalen Norm und in der meisten Literatur aufgeführt werden, wurden mit einer Wärmesimulatorpuppe erhalten, die sich statisch in einem schwachen Luftstrom befand. Diese Zahlenwerte müssen für Wirkung von Wind und Bewegung korrigiert werden.

2.1.6

wirksame Grundisolation

dynamische Grundisolation

$I_{cl,r}$

aktuelle Wärmeisolation von Körperoberfläche bis zur äußeren Oberfläche der Bekleidung (einschließlich eingeschlossene Luftschichten) unter den gegebenen Umgebungsbedingungen und Aktivitäten

ANMERKUNG Dies ist der Wert der Grundisolation (I_{cl}) in der aktuellen Situation (im Gegensatz zur Referenzsituation) einschließlich der Effekte durch Bewegung und Wind.

2.1.7

effektive Wärmeisolation

I_{clu}

Erhöhung der Isolation einer Wärmesimulatorpuppe durch ein einzelnes Kleidungsstück im Verhältnis zur Isolation einer nackten Puppe

ANMERKUNG Für die Isolation einzelner Kleidungsstücke wird die Benennung *effektive Wärmeisolation* (I_{clu}) verwendet. Die effektive Wärmeisolation eines einzelnen Kleidungsstücks, das Bestandteil einer Kombination ist (siehe Tabelle B.2), wird mit der Puppe, die nur ein Kleidungsstück trägt, bestimmt:

$$I_{clu} = I_T - I_a = \frac{\bar{t}_{sk} - t_o}{H} - I_a \quad (8)$$

Dabei ist

I_T die gesamte Isolation des Kleidungsstücks, in Quadratmeter, Kelvin je Watt ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$) oder in clo;

t_o die operative Temperatur, in Grad Celsius (für die meisten Messbedingungen in Klimakammern ist dies gleich der Temperatur der Luft t_a).

2.2

Verdunstungswiderstand

R_e

Widerstand gegen den Durchtritt von Wasserdampf zwischen zwei Oberflächen, angegeben in Quadratmeter mal Kilopascal je Watt

ANMERKUNG 1 In dieser Internationalen Norm wird er als das *Äquivalent des gleichmäßigen Verdunstungswiderstandes* betrachtet. Das ist der Widerstand der Bekleidung, der bei gleichmäßiger Bedeckung der gesamten Körperoberfläche (einschließlich Händen, Gesicht usw.) zum gleichen Wärmeverlust durch Verdunstung führen würde wie der tatsächliche, möglicherweise nicht gleichmäßige Verdunstungswiderstand. Dieser Widerstand ist der Quotient des Dampfdruckgradienten zwischen den Oberflächen (als treibende Kraft) und des Wärmeverlusts durch Verdunstung je Einheit Hautoberfläche.

$$R_e = \frac{\text{Dampfdruckgradient}}{\text{Wärmeverlust durch Verdunstung je Einheit der Körperoberfläche}} \quad (9)$$

ANMERKUNG 2 Ähnlich wie die Wärmeisolation kann dieser Widerstand in einzelne Schichten aufgeteilt werden.

2.2.1

Gesamt-Verdunstungswiderstand

$R_{e,T}$

Verdunstungswiderstand zwischen der Körperoberfläche und der Umgebung (einschließlich der gesamten Bekleidung, der eingeschlossenen Luftschichten und Luftgrenzschichten) unter statischen Referenzbedingungen

2.2.2

Grund-Verdunstungswiderstand

$R_{e,cl}$

Verdunstungswiderstand zwischen der Körperoberfläche und der Außenfläche der Bekleidung (einschließlich der eingeschlossenen Luftschichten) unter statischen Referenzbedingungen

2.2.3

luftbedingter Verdunstungswiderstand

$R_{e,a}$

Verdunstungswiderstand durch die Luftgrenzschicht um die Außenfläche der Bekleidung oder, bei unbedecktem Körper, um die Hautoberfläche

ANMERKUNG Analog zur Wärmeisolation:

$$R_{e,T} = R_{e,cl} + \frac{R_{e,a}}{f_{cl}} \quad (10)$$

2.2.4

dynamischer Gesamt-Verdunstungswiderstand

$R_{e,T,r}$

Verdunstungswiderstand zwischen der Körperoberfläche und der Umgebung (einschließlich der gesamten Bekleidung, der eingeschlossenen Luftschichten und Luftgrenzschichten) unter den gegebenen Umgebungsbedingungen und Aktivitäten

ANMERKUNG 1 Gesamt-Verdunstungswiderstand, ($R_{e,T}$), in der aktuellen Situation (im Gegensatz zur Referenzsituation) einschließlich der Effekte durch Bewegung und Wind.

ANMERKUNG 2 Die Werte für $R_{e,T}$ gelten für festgelegte Bedingungen (ruhender Körper, Windstille, d. h. Windgeschwindigkeit $< 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Bei Vorhandensein von Luftbewegung oder wenn der Körper sich bewegt, beeinflusst dies den Verdunstungswiderstand (typischerweise erniedrigt ihn). In diesem Fall wird er als *wirksamer* oder *dynamischer Gesamt-Verdunstungswiderstand* bezeichnet.

2.2.5

resultierender Grund-Verdunstungswiderstand

$R_{e,cl,r}$

der Verdunstungswiderstand zwischen der Körperoberfläche und der Umgebung (einschließlich der eingeschlossenen Luftschichten) unter gegebenen Umgebungsbedingungen und Tätigkeiten

ANMERKUNG 1 Dies ist der Wert des Grund-Verdunstungswiderstandes ($R_{e,cl}$) in der aktuellen Situation (im Gegensatz zur Referenzsituation) einschließlich der Effekte durch Bewegung und Wind.

ANMERKUNG 2 Die Werte für $R_{e,cl}$ gelten unter festgelegten Bedingungen (ruhender Körper, Windstille, d. h. Windgeschwindigkeit $< 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Bei Vorhandensein von Luftbewegung oder wenn der Körper sich bewegt, beeinflusst dies den Verdunstungswiderstand (typischerweise erniedrigt ihn). In diesem Fall wird er als *wirksamer* oder *dynamischer Gesamt-Verdunstungswiderstand* bezeichnet.

3 Anwendung dieser Internationalen Norm

Die Werte für die Isolation und den Verdunstungswiderstand einer Bekleidungskombination sollten, wenn möglich, an einer Ausrüstung wie einer (angefeuchteten oder schwitzenden) Wärmesimulatorpuppe oder

durch Versuche mit menschlichen Versuchspersonen direkt gemessen werden. Prüfverfahren für die Messung der Wärmeisolation und des Verdunstungswiderstandes finden sich in den Anhängen D und E. Wegen der Kosten und den notwendigen speziellen Geräten ist diese Messung jedoch außerhalb der Möglichkeiten der meisten Anwender dieser Internationalen Norm. In diesem Fall müssen die Isolation und der Verdunstungswiderstand mit den in den folgenden Abschnitten sowie in den Anhängen A, B und C beschriebenen Verfahren geschätzt werden.

Als Leitlinie wird die stufenweise Herangehensweise für die Bestimmung der Wärmeisolation schematisch in Bild 2 und des Verdunstungswiderstandes in Bild 3 dargestellt. Die unterschiedlichen Optionen werden beschrieben.

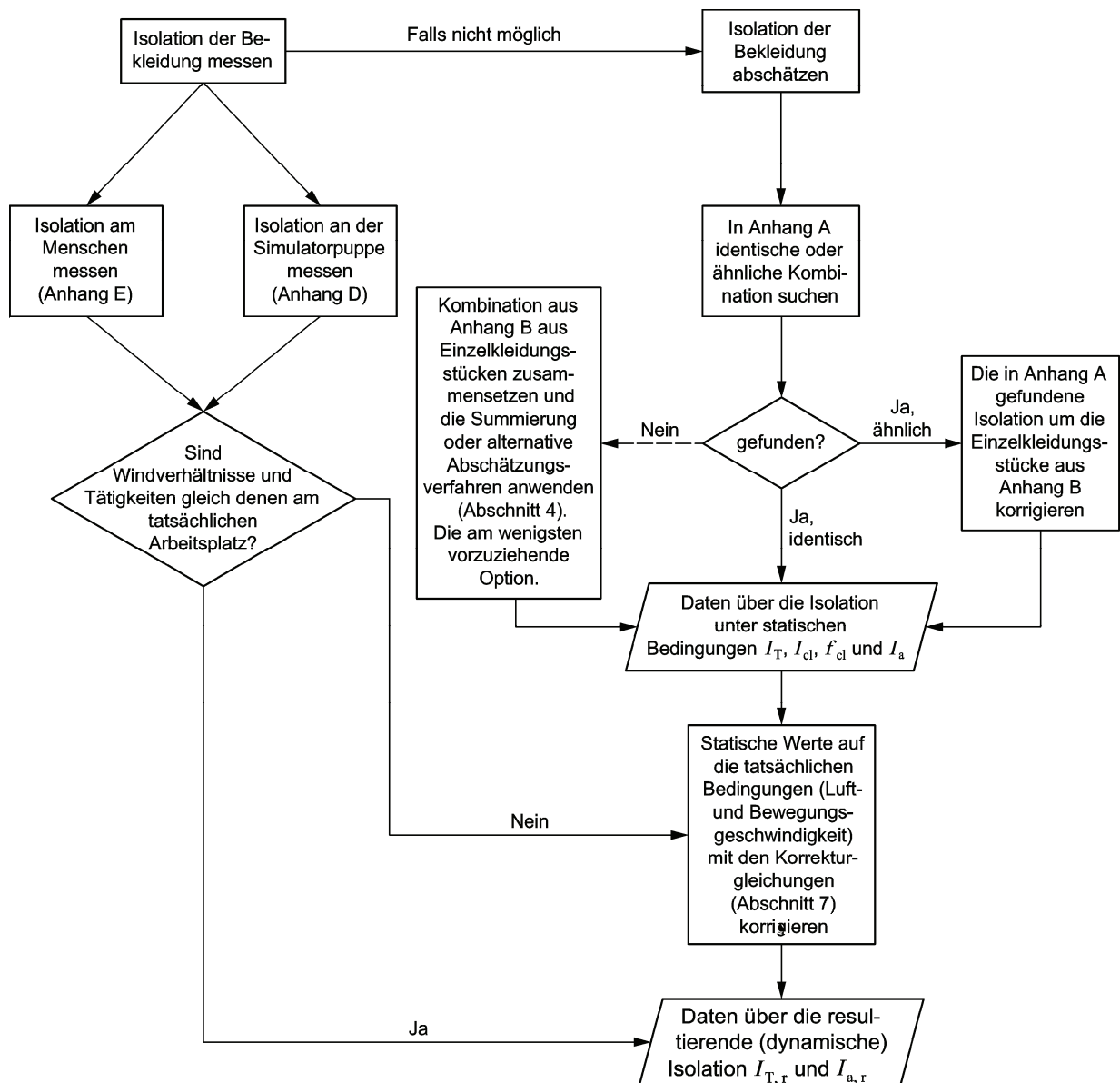


Bild 2 — Ermittlung der Bekleidungsisolation

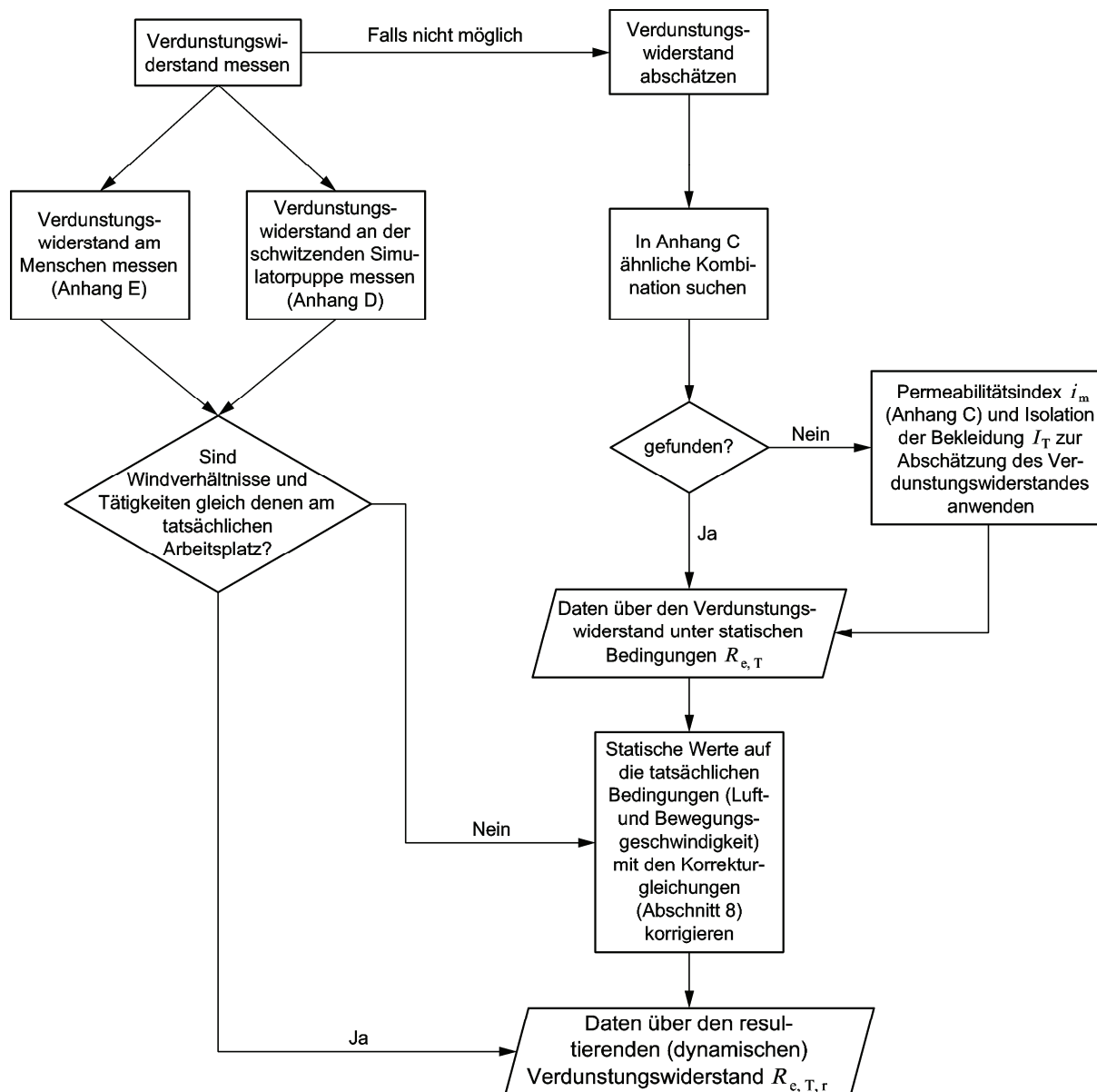


Bild 3 — Ermittlung des Verdunstungswiderstandes

4 Abschätzung der Wärmeisolation einer Bekleidungskombination auf der Grundlage von Tabellen und Messwerten an einer stehenden Wärmesimulatorpuppe

4.1 Allgemeines

Die Tabellen in dieser Internationalen Norm enthalten Daten über die Isolation durch vollständige Bekleidungskombinationen wie auch Isolationswerte für Einzelkleidungsstücke, die zur Schaffung vollständiger Bekleidungskombinationen zusammengestellt werden können. Es wird angeraten, die Tabellen mit den vollständigen Bekleidungskombinationen zu verwenden, die mit der tatsächlichen Kombination zusammenpassen, da dies einen genaueren Wert für die Isolation durch die Bekleidung liefert als die Summierung von Einzelkleidungsstücken. Die Wärmeisolation zwischen zwei Kombinationen kann interpoliert werden, und wenn eine Kombination als ähnlich mit der tatsächlichen Kombination befunden wird, können kleine Korrekturen auch durch Zusatz oder Abzug der Isolation durch Einzelkleidungsstücke erfolgen, um den besten Schätzwert für die Isolation durch die tatsächliche Kombination zu erreichen. Abschließend müssen die Korrekturen für Bewegung und Luftgeschwindigkeit durchgeführt werden.

4.2 Isolationswerte von vollständigen Kombinationen

In Anhang A sind Werte von I_T und I_{cl} für eine Auswahl von Bekleidungskombinationen aufgeführt. Alle diese Werte wurden an einer unbewegten, stehenden Wärmesimulatorpuppe bei geringer Luftbewegung ($< 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) gemessen. In Tabelle A.1 wird eine kurze Beschreibung der Bekleidungskombinationen gegeben. Die Tabellen A.2 bis A.10 enthalten eine erweiterte Aufstellung, die zum Finden einer Bekleidungskombination verwendet werden kann, die mit der tatsächlichen Kombination vergleichbar ist, es werden auch die Werte von f_{cl} angegeben, Sofern sie angegeben ist, besteht die Gesamtmasse der Bekleidung aus Kleidungsstücken in den Maßen einer Normperson (europäischer Mann, Größe 52) und schließt die Schuhe nicht ein. Die jedem der Einzelkleidungsstücke, aus denen sich die meisten Kombinationen zusammensetzen, in der Tabelle zugeordnete Nummer verweist auf Anhang B, wo eine mehr in die Einzelheiten gehende Beschreibung des Einzelkleidungsstückes einschließlich Bilder gegeben wird.

Anhang A kann auch verwendet werden, um Kleidung für einen Arbeitsplatz zu wählen, wenn die erforderliche Isolation bekannt ist.

4.3 Wärmeisolationenwerte von Kombinationen auf der Grundlage von Einzelkleidungsstücken

Anstatt die Kombinationen in Anhang A zu verwenden, kann die Isolation einer Kombination, I_{cl} , angegeben in clo, auch durch Summierung der Isolation durch die Einzelkleidungsstücke unter Anwendung der folgenden empirischen Gleichung abgeschätzt werden [31], [36]:

$$I_{cl} = 0,161 + 0,835 \sum I_{clu} \quad (11)$$

angegeben in clo.

Oder mit leicht verringerter Genauigkeit [32], [37]:

$$I_{cl} = \sum I_{clu} \quad (12)$$

angegeben in Quadratmeter, Kelvin je Watt oder clo und wobei I_{clu} wirksame Wärmeisolation der Einzelkleidungsstücke, aus denen sich die Kombination zusammensetzt, ist, entweder in Quadratmeter mal Kelvin je Watt oder clo.

Solche Werte sind in Anhang B aufgeführt.

Der Schnitt der verschiedenen Kleidungsstücke in Anhang B wird durch eine Typnummer angezeigt, die auf die Bilder von mit unterschiedlichen Formen der Kleidungsstücke bekleideten Personen verweist (Bilder B.1 bis B.14).

In einigen Fällen sind auch die verwendeten Gewebe aufgeführt. Der Materialtyp ist jedoch von begrenztem Einfluss auf die Wärmeisolation. Stattdessen wird die Isolation hauptsächlich durch die Gewebedicke (angegeben in Anhang B) und die bedeckte Körperoberfläche (angegeben in den Bildern) beeinflusst.

Es sollte angemerkt werden, dass die dargestellten Summationsgleichungen (11) und (12) auf Daten mit ziemlich gleichförmiger Verteilung der Isolation über den Körper beruhen. Solche Summationen sollten nicht in Extremsituationen angewendet werden (z. B. drei Kleidungsschichten am Unterkörper und nur eine dünne Schicht am Oberkörper). Die Genauigkeit der Summation war annehmbar, wenn für die jeweiligen Kleidungsstücke tatsächlich gemessene Daten verwendet wurden. Wenn die Isolationen durch die einzelnen Kleidungsstücke aus den Tabellen entnommen wurden, war die Genauigkeit der Summation begrenzt. Deshalb ist vorzuziehen, mit Werten der vollständigen Kombinationen (siehe Anhang A) zu arbeiten.

Der Anwendungsbereich, für den diese Beziehungen [Gleichungen (11) und (12)] geprüft wurden, liegt zwischen 0,2 clo und 1,6 clo.

4.4 Isolation durch die vollständige Kombination, korrigiert um kleine Unterschiede in der Zusammensetzung

Die Genauigkeit bei der Summation einzelner Kleidungsstücke (4.3) ist viel geringer als beim Vergleich der Übereinstimmung der tatsächlichen Kombination mit einer Kombination aus Anhang A (4.2). Deshalb ist es am besten, wenn ein genauer Vergleich der Übereinstimmung der tatsächlichen Kombination mit denen aus den Tabellen im Anhang A nicht möglich ist, aber ähnliche Kombinationen gefunden werden können, den Isolationswert der ihr ähnlichen Kombination zu nehmen und diesen um den Unterschied in der Zusammensetzung zu korrigieren. Wenn z. B. die tatsächliche Kombination einen unterschiedlichen Pullovertyp enthält, kann die Isolation der Kombination um den Isolationsunterschied zwischen dem tatsächlichen Pullover und dem Pullover in der Kombinationsbeschreibung in Anhang A korrigiert werden. Zu diesem Zweck werden die wirksamen Isolationen beider Einzelkleidungsstücke verglichen und die Differenz wird zur Neueinstellung des Werts für die Kombination verwendet:

$$I_{cl,a} = I_{cl,A} + 0,835 \times \Delta I_{clu} \quad (13)$$

Das Ergebnis wird in clo oder in $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ angegeben und dabei ist $I_{cl,a}$ die Grundisolation der aktuellen Kombination, $I_{cl,A}$ die Grundisolation der Kombination nach Anhang A und ΔI_{clu} der Korrekturwert für die Differenz bei den einzelnen Kleidungsstücken (negativer Wert bei Abzug eines Kleidungsstücks oder wenn es durch ein Kleidungsstück mit geringerer Isolation ersetzt wird).

Das kann die Differenz zwischen zwei Kleidungsstücken der gleichen Art sein (Ersatz eines Pullovers durch einen anderen) oder die wirksame Isolation durch ein zusätzliches Kleidungsstück oder ein negativer Wert in dem Fall, dass die tatsächliche Kombination ein Kleidungsstück weniger enthält. Die I_{clu} -Werte werden aus Anhang B entnommen.

Die Korrekturen sollten auf einem Mindestmaß gehalten werden, und die Interpolation zwischen zwei einschlägigen Kombinationen wird bevorzugt. Beim Zusatz und der Entnahme von Kleidungsstücken sollte berücksichtigt werden, wie die Isolation verteilt ist. Der Zusatz einer dünnen Schicht zu einem bereits durch eine Kombination für kaltes Wetter bedeckten Körperteil wird minimale Auswirkungen haben, verglichen mit den großen Auswirkungen des Zusatzes einer dünnen Schicht auf einem unbedeckten Körperteil bei einer solchen Kombination.

4.5 Berechnung der Wärmeisolation durch Bekleidungskombinationen

Als Alternative zur Wahl einer Kombination aus den Tabellen ist es auch möglich, die Isolation durch eine Bekleidungskombination unter Anwendung der folgenden empirisch ermittelten Beziehung zu bestimmen [32], [37]:

$$I_{cl} = 0,919 + 0,255 \times m - 0,008\,74 \times A_{COV,0} - 0,005\,10 \times A_{COV,1} \quad (14)$$

Dabei ist

- I_{cl} die Grundisolation, in clo;
- m die Masse der Bekleidung (ohne Schuhe), in Kilogramm;
- $A_{COV,0}$ die nicht durch Kleidung bedeckte Körperoberfläche, in Prozent der gesamten Körperoberfläche;
- $A_{COV,1}$ die mit einer einzigen Kleidungsschicht bedeckte Körperoberfläche, in Prozent der gesamten Körperoberfläche.

In der Tat setzt die Gleichung (14) eine gewisse mehrschichtige Isolation für eine gegebene Masse der Bekleidung voraus und subtrahiert dann die Isolation für Körperbereiche, die nur mit einer Einzelschicht der Bekleidung bedeckt oder ohne Kleidung sind. Der Anwendungsbereich, für den diese Gleichung geprüft wurde, liegt zwischen 0,2 clo und 1,8 clo.

Eine Anleitung zur Berechnung von A_{COV} wird in Anhang H gegeben.

4.6 Berechnung der Wärmeisolation von Einzelkleidungsstücken

Die effektive Wärmeisolation durch ein einzelnes Kleidungsstück, I_{clu} ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$), kann auch nach der folgenden Gleichung abgeschätzt werden:

$$I_{clu} = 0,00095 \times A_{COV} \quad (15)$$

oder, falls diese in clo angegeben wird, mit

$$I_{clu} = 0,0061 \times A_{COV} \quad (16)$$

Dabei ist A_{COV} die durch Kleidung bedeckte Körperoberfläche (Prozent der gesamten Hautoberfläche).

Die Werte für die bedeckte Körperoberfläche werden für die einzelnen Kleidungsstücke in den Bildern in Anhang B angegeben. Die Masse der Bekleidung alleine ist kein guter Voraussagefaktor für die Isolation durch die Bekleidung [32].

Falls die angegebene Dicke des verwendeten Gewebes, d_{fab} , in Meter, ebenfalls bekannt ist, kann eine genauere Abschätzung von I_{clu} ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$) erfolgen nach:

$$I_{clu} = 0,00067 A_{COV} + 0,217 \times d_{fab} \times A_{COV} \quad (17)$$

oder, falls diese in clo angegeben wird, nach

$$I_{clu} = 0,0043 A_{COV} + 1,4 \times d_{fab} \times A_{COV} \quad (18)$$

Dabei ist

d_{fab} die Gewebedicke, in Meter, gemessen entsprechend ASTM D1777 unter Verwendung einer Messspindel von 7,5 cm Durchmesser und eines Drucks von $69,1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$.

ANMERKUNG Da die Gleichung aus dem ASTM-Verfahren entwickelt wurde, kann kein alternatives ISO-Verfahren angegeben werden, da es die Relation beeinträchtigen würde.

Der Anwendungsbereich, für den diese Beziehung [Gleichung (15)] geprüft wurde, liegt zwischen 0,02 clo und 0,5 clo oder einem Wert für A_{COV} zwischen 5 % und 82 %. Für Gleichung (17) betrug der Bereich 0,02 clo bis 1,05 clo.

5 Abschätzung des Bekleidungsflächenfaktors

Die Außenfläche einer bekleideten Person, A_{cl} , ist größer als die Oberfläche eines unbekleideten Körpers, A_{Du} . Das Verhältnis der beiden Größen wird als Bekleidungsflächenfaktor, f_{cl} , bezeichnet [Gleichung (6)].

Der Wert von f_{cl} ist in Anhang A für alle Bekleidungskombinationen aufgeführt. Dieser kann mit einem photographischen Verfahren [32], [45], [47] oder durch Ganzkörperscanning gemessen werden. Bilder aus verschiedenen Richtungen oder Ganzkörperscans der unbekleideten Person bzw. Simulatorpuppe werden mit ähnlichen Bildern bzw. Scans der bekleideten Person bzw. Simulatorpuppe verglichen.

Angesichts der Tatsache, dass die Oberfläche mit der Dicke der Bekleidungskombination zunimmt, was üblicherweise mit ihrer Isolation, I_{cl} , in Beziehung steht, kann der Bekleidungsflächenfaktor auch nach folgenden Gleichungen [32], [46], [48] abgeschätzt werden:

— Falls I_{cl} in Quadratmeter Kelvin je Watt ($\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$) angegeben wird:

$$f_{cl} = 1,00 + 1,81 \times I_{cl} \quad (19)$$

— falls I_{cl} in clo angegeben wird:

$$f_{cl} = 1,00 + 0,28 \times I_{cl} \quad (20)$$

Es sollte angemerkt werden, dass die beobachtete Korrelation zwischen f_{cl} und I_{cl} niedrig ist, so weist der Schätzwert eine begrenzte Zuverlässigkeit besonders für nicht westliche Bekleidung [1] auf. Die Bestimmung von f_{cl} auf der Grundlage der Tabellenbeispiele im Anhang A, oder idealerweise durch direkte Messung, ist deshalb vorzuziehen, obgleich im Allgemeinen die tatsächliche Auswirkung von f_{cl} auf das Gesamtergebnis der Isolation klein ist. Der Anwendungsbereich, für den diese Beziehungen geprüft wurden, liegt zwischen 0,2 clo und 1,7 clo.

6 Abschätzung der Isolation durch die Luftgrenzschicht

In einigen Fällen ist es erforderlich, die Isolation durch die Luftgrenzschicht I_a zu kennen, z. B. wenn I_T bekannt ist, aber I_{cl} gebraucht wird oder umgekehrt. In diesem Fall kann Gleichung (7) angewendet werden entweder mit I_a und f_{cl} oder entweder I_T und I_{cl} als Eingabewerte.

Der Bereich des statischen Werts für I_a liegt in den meisten Studien, die Grundlage für die Tabellen im Anhang A waren, um 0,7 clo ($0,109 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$) bei Messung bei Windgeschwindigkeiten um $0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. So kann dieser Wert unter statischen Bedingungen als Schätzwert verwendet werden. Bei einigen Messungen für Kaltwetterbekleidung wird die Referenz-Windgeschwindigkeit auf $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ festgelegt; siehe Literatur [6].

Die durch die Luftgrenzschicht auf der Kleidung bewirkte Isolation (siehe Bild 1) wird gestört, wenn die Luftbewegung zunimmt oder die Person sich zu bewegen beginnt. Die folgende Korrekturgleichung [17], die den Umfang dieser Verringerung im Vergleich zum statischen windstillen Wert, I_a , ($v_{ar} = 0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) zeigt, wurde der Literatur [11] entnommen:

$$I_{a,r} = e^{\left[-0,533 \times (v_{ar} - 0,15) + 0,069 \times (v_{ar} - 0,15)^2 - 0,462 v_w + 0,201 v_w^2 \right]} \cdot I_{a,static} \quad (21)$$

Dabei ist

- $I_{a,r}$ die Isolation durch die Luftgrenzschicht, in clo;
- v_{ar} die relative Windgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde (Minimum = $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; Maximum = $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$);
- v_w die Gehgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde (Maximum = $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$);
- $I_{a,static}$ der Referenzwert für die Isolation durch die Luft (= 0,7 clo).

Alternativ darf I_a berechnet werden nach:

$$I_a = \frac{1}{(h_c + h_r)} \quad (22)$$

Dabei ist

- h_c der Koeffizient der konvektiven Wärmeübertragung, in Watt je Quadratmeter mal Grad Celsius ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$);
- h_r der Koeffizient der Wärmeübertragung durch Strahlung, in Watt je Quadratmeter mal Grad Celsius ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$).

Dies schließt nicht die Korrektur für die Wirkung durch Bewegung ein. Der Koeffizient der konvektiven Wärmeübertragung, h_c , kann wie folgt abgeschätzt werden als der größte Wert von:

$$2,38 \left| \bar{t}_{sk} - t_a \right|^{0,25} \quad (23)$$

$$3,5 + 5,2 v_{ar} \quad (24)$$

$$8,7 v_{ar}^{0,6} \quad (25)$$

Der Wärmeaustausch durch Strahlung, h_r , darf abgeschätzt werden nach:

$$h_r = 5,67 \cdot 10^{-8} \varepsilon \times \frac{A_r}{A_{DU}} \times \frac{(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4}{t_{cl} - t_r} \quad (26)$$

Der Anteil der in die Wärmeübertragung durch Strahlung einbezogenen Hautoberfläche, A_r/A_{DU} , beträgt 0,67 bei einer gebückten Person, 0,70 bei einer sitzenden Person und 0,77 bei einer stehenden Person.

7 Abschätzung des Verdunstungswiderstandes

7.1 Allgemeines

Der Verdunstungswiderstand, $R_{e,T}$, einer Bekleidungskombination kann in Versuchen am Menschen oder an einer angefeuchteten oder schwitzenden Wärmesimulatorpuppe gemessen werden. Falls dies nicht möglich ist, kann $R_{e,T}$ unter Anwendung vorliegender Daten oder einer Beziehung zwischen Verdunstungswiderstand und Wärmeisolation abgeschätzt werden, wobei er vom Letzteren abgeleitet wird.

7.2 Abschätzung des Verdunstungswiderstandes von Bekleidungskombinationen auf der Grundlage von Tabellen mit Messwerten an einer stehenden Wärmesimulatorpuppe

In Anhang C findet sich eine Liste von $R_{e,T}$ - und $R_{e,cl}$ -Werten für eine Auswahl von Bekleidungskombinationen. Alle Werte wurden an einer unbewegten stehenden Wärmesimulatorpuppe bei niedriger Windgeschwindigkeit ($< 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) gemessen. Es wird eine kurze Beschreibung der Bekleidungskombinationen gegeben und auch die f_{cl} -Werte sind aufgeführt.

Die Nummer, die in den folgenden Tabellen für jedes Einzelkleidungsstück für die meisten Kombinationen aufgeführt ist bezieht sich auf Tabelle C.5, wo sich eine in die Einzelheiten gehende Darstellung des textilen Gewebes für das Kleidungsstück findet.

7.3 Abschätzung des Verdunstungswiderstandes einer Bekleidungskombination auf der Grundlage seiner Beziehung zum Widerstand gegen den trockenen Wärmeverlust

Der Gesamt-Verdunstungswiderstand, $R_{e,T}$, in Quadratmeter mal Kilopascal je Watt ($\text{m}^2 \cdot \text{kPa} \cdot \text{W}^{-1}$) darf auf der Grundlage der Wärmeisolation der jeweiligen Kombination, I_T oder I_{cl} , mittels des Permeabilitätsindex, i_m , und der Lewis-Beziehung ($L = 16,5 \text{ K} \cdot \text{kPa}^{-1}$) abgeschätzt werden.

$$R_{e,T} = \frac{I_T}{i_m L} = \frac{0,06}{i_m} \left(\frac{I_a}{f_{cl}} + I_{cl} \right) \quad (27)$$

Dabei sind I_T , I_a und I_{cl} in $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ angegeben.

Typische Werte für i_m sind im Anhang C, Tabelle C.1 angegeben. Sie beziehen sich als solche nicht auf die Isolation durch die Bekleidung, sondern auf die Permeabilität der Textilschichten. Auf der Grundlage der Daten für I_T und i_m ist es möglich, $R_{e,T}$ abzuschätzen.

Für eine Luftschicht liegt i_m , wie sie definiert ist und in Gleichung (27) verwendet wird, um 0,5. Bei undurchlässigen Kleidungsstücken, die den gesamten Körper einschließlich Händen, Füßen und Kopf bedecken, liegt er nahe bei null. Für viele Typen ein- oder zweischichtiger durchlässiger Bekleidung kann der Permeabilitätsindex, i_m , auf 0,38 festgelegt werden und die Gleichung für den Verdunstungswiderstand ($\text{m}^2 \cdot \text{kPa} \cdot \text{W}^{-1}$) vereinfacht sich zu:

$$R_{e,T} = 0,16 \times I_T = 0,16 \left(\frac{I_a}{f_{cl}} + I_{cl} \right) \quad (28)$$

Für die Bekleidung und die Luftschicht alleingenommen gelten ähnliche Beziehungen:

$$R_{e,a} = \frac{0,06}{f_{cl} \times h_c} \quad (29)$$

$$R_{e,cl} = 0,06 \times \frac{I_{cl}}{i_{m,cl}} \quad (30)$$

Dabei ist $i_{m,cl}$ der Permeabilitätsindex für die Kleidungsschicht allein.

Für viele durchlässige ein- oder zweischichtige Bekleidungskombinationen darf $i_{m,cl}$ auf 0,34 festgelegt werden, dies ergibt:

$$R_{e,cl} = 0,18 \times I_{cl} \text{ in } \text{m}^2 \cdot \text{kPa} \cdot \text{W}^{-1} \quad (31)$$

Bekleidung mit spezifischen Schutzeigenschaften gegen chemische, physikalische oder biologische Einwirkungen (z. B. Öl, strahlende Hitze oder Bakterien) kann für i_m beträchtlich niedrigere Werte aufweisen. Siehe die Tabellenwerte für Hitzeschutzkleidung in Anhang C.

WARNUNG — Für die Anwendung von ISO 7933 bei solchen Spezialkleidungsstücken wird empfohlen, einen Experten zu Rate zu ziehen.

Typische Werte für das Wirkungsverhältnis der Durchdringung oder des Permeabilitätsindex, i_m , sind in den Tabellen C.1, C.2 und C.3 angegeben, in denen sich die Zahlen für die Bekleidungskombinationen und Kleidungsstücke auf die Anhänge A und B beziehen.

8 Einfluss von Körperbewegungen und Wind auf die Wärmeisolation und den Verdunstungswiderstand einer Bekleidungskombination

8.1 Allgemeines

Die meisten Arten von Bekleidungskombinationen haben Öffnungen (z. B. Kragen, Ärmelöffnungen), die einen gewissen Luftaustausch mit der Umgebung ermöglichen. Bei Durchführung von Arbeiten kann dieser Luftaustausch zunehmen und die Bekleidungsisolation verändern. Diese Wirkung wird „Pumpwirkung“ genannt. Zusätzlich kann die Bekleidung durch Wind zusammengedrückt werden, was ihre Dicke verringert, und Wind kann durch die Gewebe oder über die Öffnungen eintreten und den Luftaustausch zwischen der Luft des Mikroklimas und der äußeren Umgebung vergrößern. Dies würde auch den Widerstand der Kleidung gegen Wärmeverlust und Feuchtigkeitsübertragung verändern.

Um die Wirkung von Körperbewegungen (die Pumpwirkung) und Wind auf die Isolation durch die Bekleidung abzuschätzen, kann eine bewegliche Wärmesimulatorpuppe bei simulierten Windbedingungen verwendet werden. Es können die gleichen Verfahren wie in Anhang D verwendet werden. Der Wert $I_{a,r}$ wird jetzt an der unbedeckten Simulatorpuppe im entsprechenden Zustand (Sitzen, Stehen, Gehen, Radfahren) und bei Luftbewegung gemessen, und $I_{cl,r}$ oder $I_{T,r}$ werden an der bedeckten Simulatorpuppe unter den gleichen Bedingungen gemessen. Aus diesen Messungen können Korrekturen für die an der stehenden Simulatorpuppe gewonnenen Werte für I_a , I_{cl} und I_T abgeschätzt und für andere Bekleidungskombinationen verwendet werden. Die Pumpwirkung kann auch am Menschen gemessen werden: siehe Anhang E.

Für den Verdunstungswiderstand kann das gleiche Verfahren angewendet werden, mit spezialisierten „schwitzenden Simulatorpuppen“ oder auch mit menschlichen Versuchspersonen.

Die Wirkung der Körperbewegung wird nur an einer vollständigen Bekleidungskombination und nicht für jedes Einzelkleidungsstück gemessen.

Der Einfluss des Windes hängt von der Luftdurchlässigkeit der äußeren Textilschicht und von Art und Anzahl der Öffnungen ab, obgleich sich gezeigt hat, dass die Wirkungen bei vielen Kombinationen ähnlich waren. Auf der Grundlage solcher Messungen wurden Korrekturgleichungen gewonnen, die die Korrektur der in den Tabellen in den Anhängen A und C dargestellten Werte ermöglichen, die aus Messungen an unbewegten Simulatorpuppen ohne vorhandenen Wind ($v_{ar} < 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) abgeleitet wurden.

8.2 Korrektur der Isolation durch die Bekleidung

Der Gesamt-Isolationwert, I_T , ist auf Grund der Art der zur Verfügung stehenden Daten die Grundlage der Gleichungen zur Korrektur der statischen Bekleidungsisolation um die Wirkungen von Luft- und Körperbewegungen. Die folgenden beiden für die Korrektur der Gesamtisolation durch die Bekleidung zu verwendenden Gleichungen zur Berechnung der resultierenden Gesamtisolation durch die Bekleidung $I_{T,r}$, d. h. der tatsächlichen Bekleidungsisolation unter den aktuellen Bedingungen sind [17], [18]:

- Für eine bedeckte Person in üblicher oder leichter Bekleidung ($0,6 \text{ clo} < I_{cl} < 1,4 \text{ clo}$ oder $1,2 \text{ clo} < I_T < 2,0 \text{ clo}$):

$$I_{T,r} = \text{corr } I_T \times I_T = e^{\left[-0,281 \times (v_{ar} - 0,15) + 0,044 \times (v_{ar} - 0,15)^2 - 0,492 v_w + 0,176 v_w^2 \right]} \cdot I_T \quad (32)$$

- Für eine unbedeckte Person ($I_{cl} = 0 \text{ clo}$):

$$I_{T,r} = I_{a,r} = \text{corr } I_a \times I_{a,\text{static}} = e^{\left[-0,533 \times (v_{ar} - 0,15) + 0,069 \times (v_{ar} - 0,15)^2 - 0,462 v_w + 0,201 v_w^2 \right]} \cdot I_{a,\text{static}} \quad (33)$$

Dabei ist

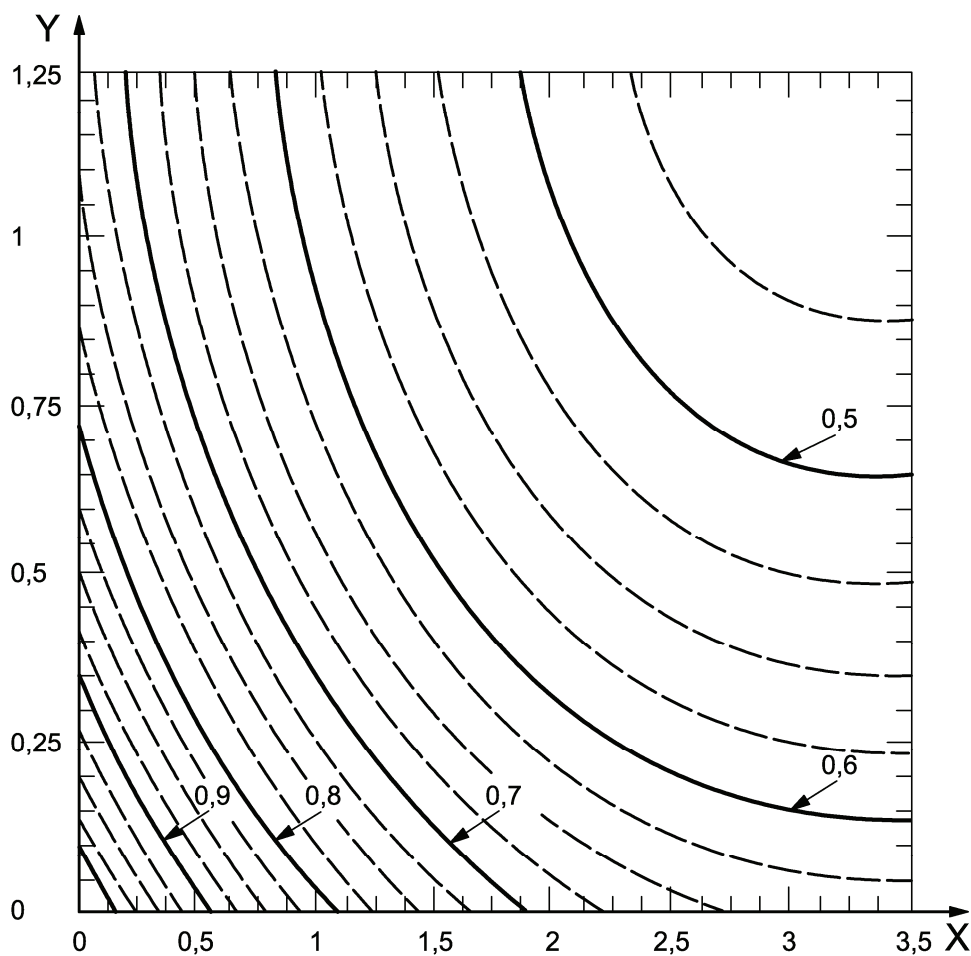
$\text{corr } I_T$ der Korrekturfaktor für die Gesamtisolation;

$\text{corr } I_a$ der Korrekturfaktor für die Luftisolation;

v_{ar} die Windgeschwindigkeit relativ zur Person, in Meter durch Sekunde, von $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

v_w die Gehgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde, von $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Die Korrekturen für bedeckte und unbedeckte Körper sind in den Bildern 4 und 5 graphisch dargestellt.

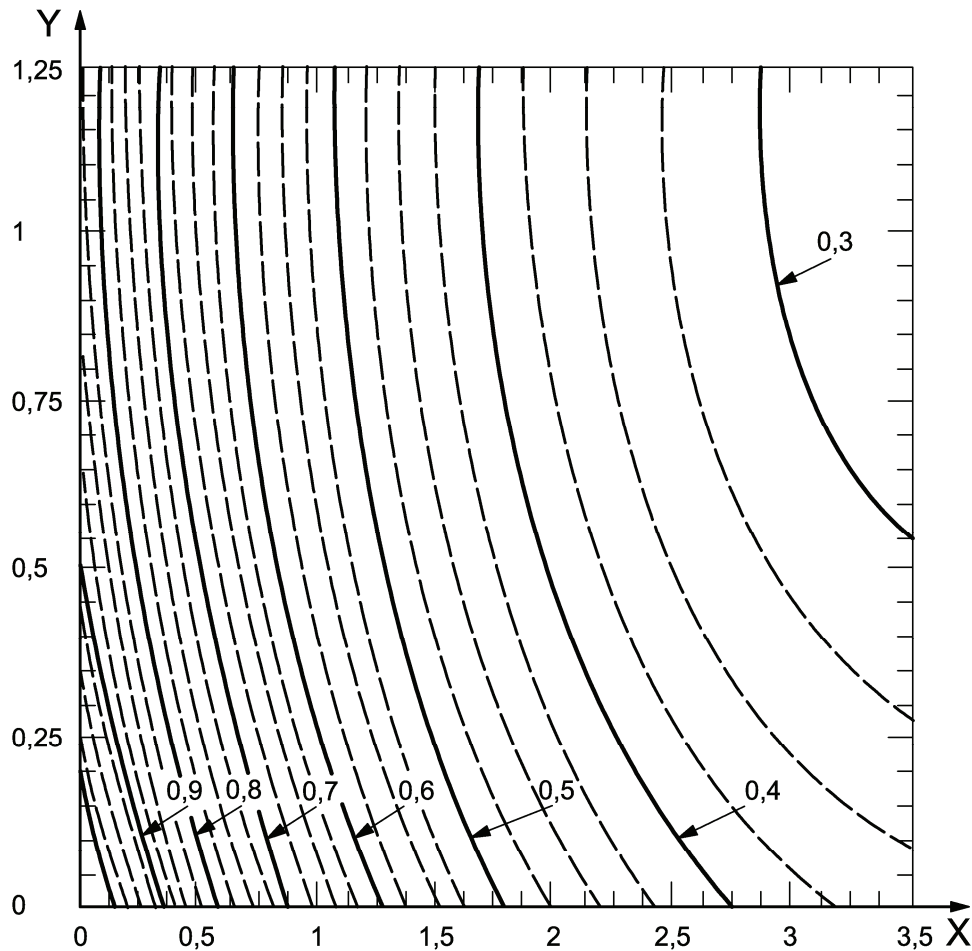


Gültigkeit bis $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ Gehgeschwindigkeit (v_w) und $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ relativer Windgeschwindigkeit (v_{ar}) (aus Literatur [17] und [18])

Legende

X relative Windgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Y Gehgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Bild 4 — Korrekturfaktor ($I_{T,r}$ zu I_T) für bekleidete Personen



Gültigkeit bis $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ Gehgeschwindigkeit (v_w) und $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ relativer Windgeschwindigkeit (v_{ar}) (aus Literatur [4])

Legende

X relative Windgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Y Gehgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Bild 5 — Korrekturfaktor ($I_{a,r}$ zu I_a) für unbedeckte Personen

Bei einer sehr niedrigen Isolation durch die Bekleidung, d. h. I_{cl} zwischen 0 clo und 0,6 clo, wurde eine Gleichung für die Interpolation zwischen Gleichung (32) (I_T beim Bekleideten) und (33) (I_T beim Unbedeckten = I_a) abgeleitet [11]:

$$I_{T,r} = \frac{[(0,6 - I_{cl}) I_{T,r,\text{unbedeckt}} + I_{cl} \times I_{T,r,\text{bedeckt}}]}{0,6} \quad 0 < I_{cl} < 0,6 \text{ clo} \quad (34)$$

Bei spezieller isolierender Kaltwetterkleidung ($I_T \gg 2 \text{ clo}$), die im typischen Fall eine geringe Luftdurchlässigkeit aufweist und wo hohe Windgeschwindigkeiten häufiger auftreten, ist die für den Korrekturfaktor zu verwendende Gleichung [16], [41]:

$$I_{T,r} = e^{\left\{ \left[-0,0512 \times (v_{ar} - 0,4) + 0,794 \times 10^{-3} \times (v_{ar} - 0,4)^2 - 0,0639 \times v_w \right] \times p^{0,144} \right\}} \cdot I_T \quad (35)$$

$r^2 = 0,968$ und $\text{SEE} = 0,048$

Dabei ist

v_{ar} die Windgeschwindigkeit relativ zur Person, in Meter durch Sekunde, von $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

v_w die Gehgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde, von $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

p die Luftdurchlässigkeit der äußeren Textilschicht, in Liter je Quadratmeter je Sekunde, von $1 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $1\,000 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; [niedrig, (z. B. beschichtetes oder Laminatgewebe) = $1 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; mittel = $50 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; hoch (offene Webart) = $1\,000 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$];

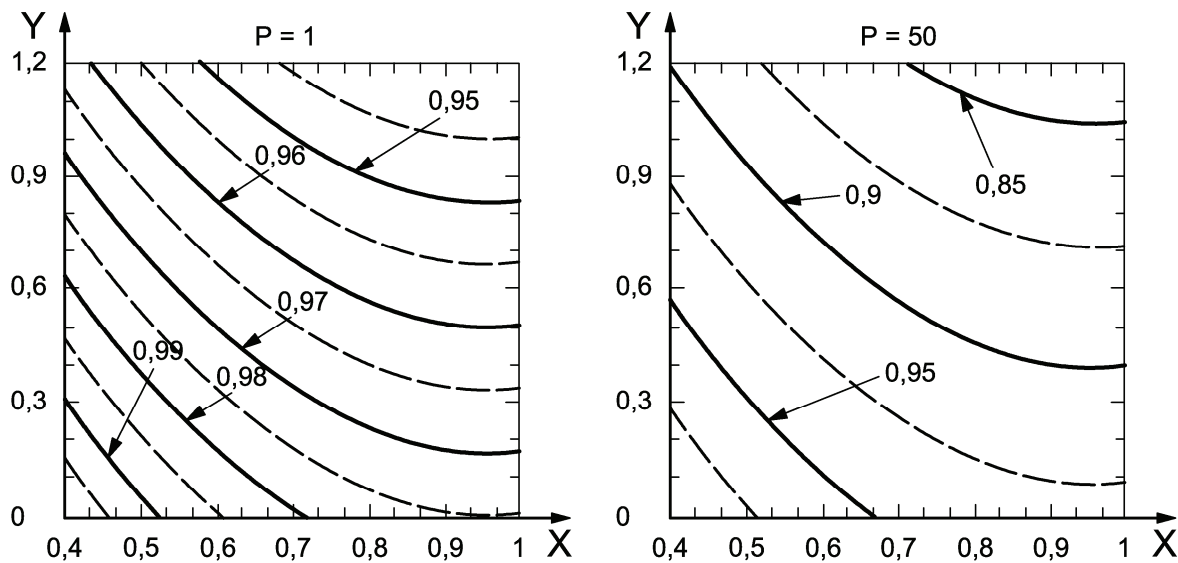
SEE der Standardfehler der Schätzung.

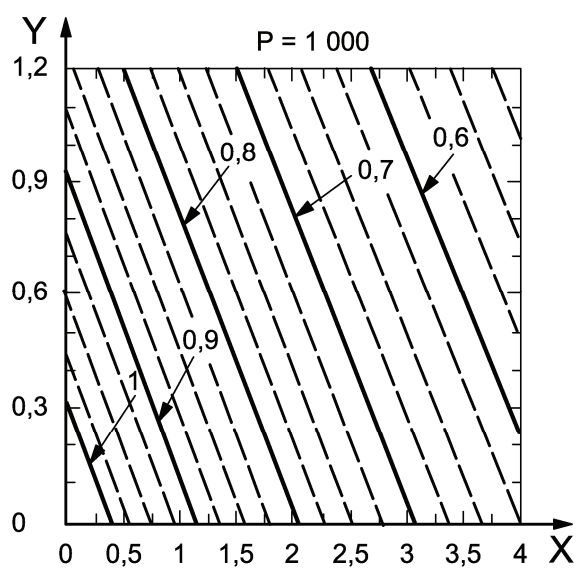
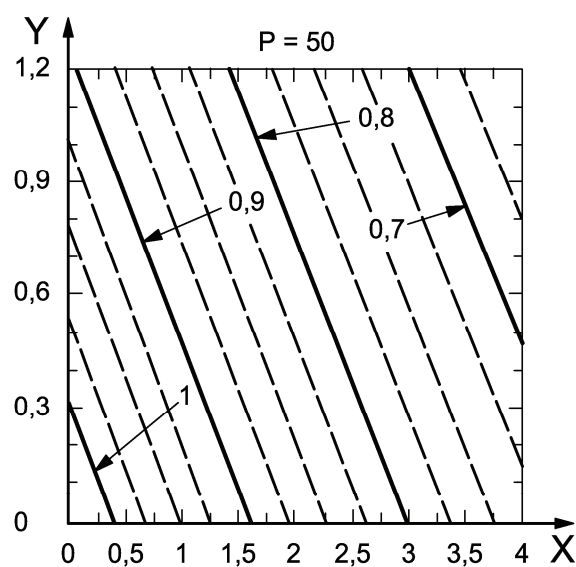
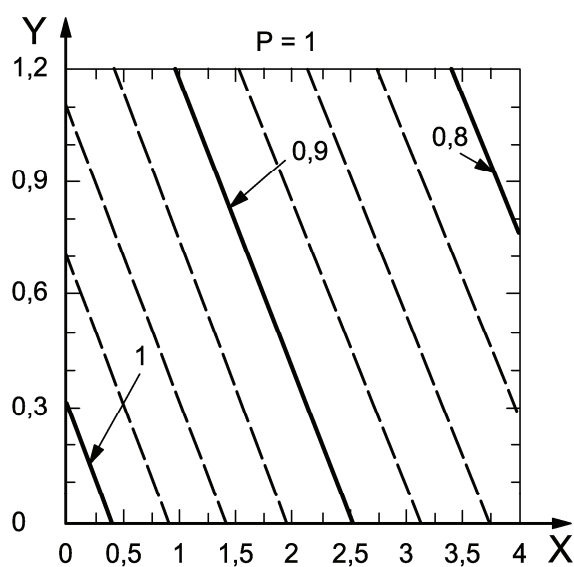
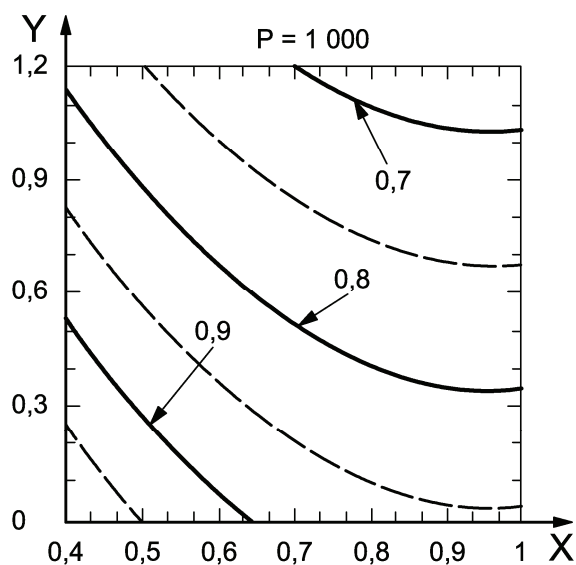
Für den niedrigeren Windbereich wurden in einer gesonderten Analyse bessere Ergebnisse erzielt [17], [42]:

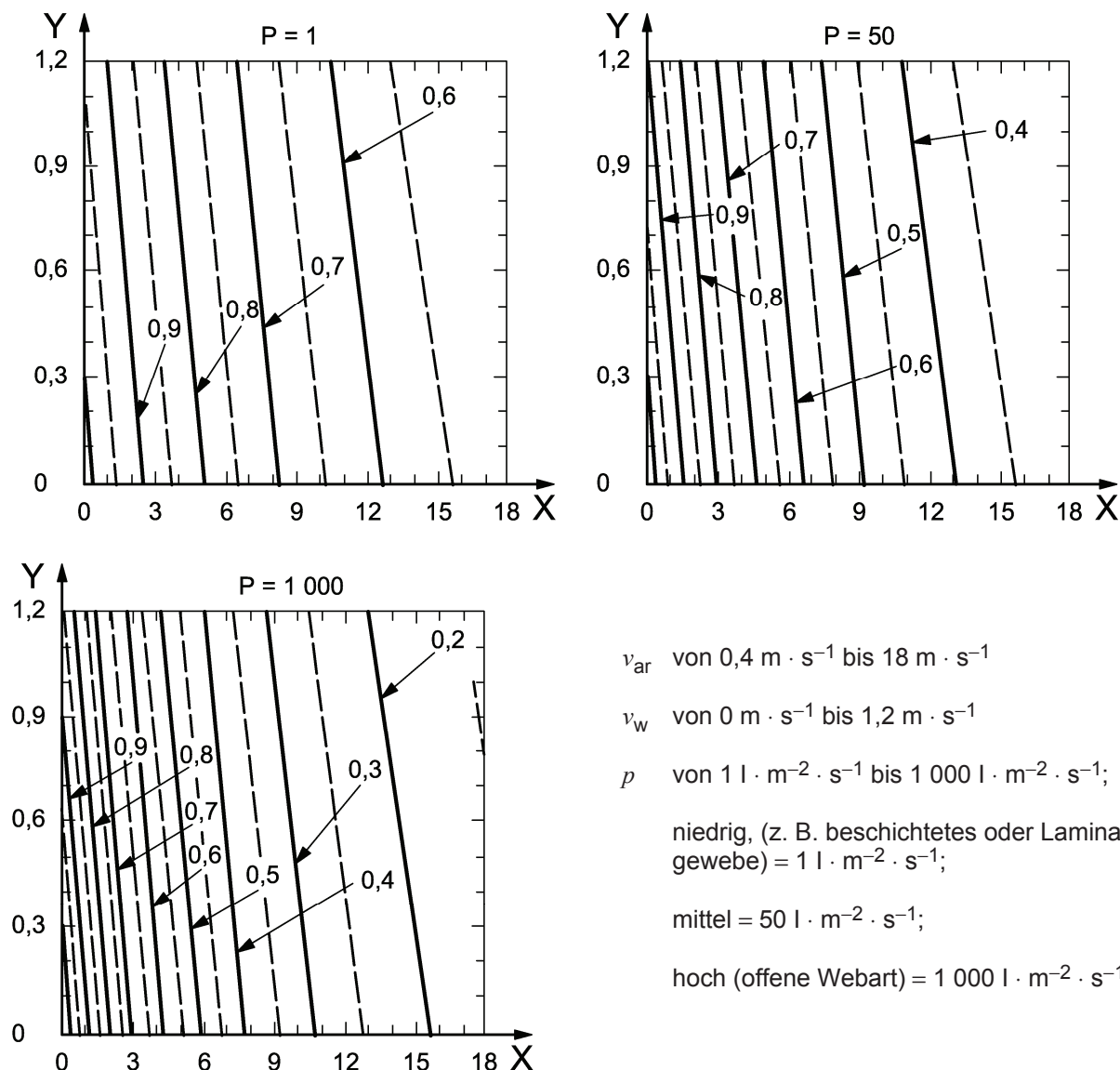
$$I_{T,r} = e^{\left\{ \left[-0,0881 \times (v_{ar} - 0,4) + 0,0779 \times (v_{ar} - 0,4)^2 - 0,0317 \times (v_w) \right] \times p^{0,2648} \right\}} \cdot I_T \quad (36)$$

Mit $r^2 = 0,931$ und $SEE = 0,023$; $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < \text{Gehgeschwindigkeit} < 1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ und $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} < \text{Windgeschwindigkeit} < 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ und $1 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} < p < 1\,000 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Hier wird vorausgesetzt, dass Kopf und Hände mit einer Haube oder einem Hut und Handschuhen bedeckt sind; d. h. der Körper ist vollständig bedeckt. Diese Beziehung wird in Bild 6 für drei Bereiche der Windgeschwindigkeit und die drei Luftdurchlässigkeitsstufen dargestellt. Anzumerken ist, dass die Referenz-Windgeschwindigkeit bei diesen Daten $0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ betrug [6], [17], [42].







Gültigkeit bis zu $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ Gehgeschwindigkeit (v_w) und $18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ relativer Windgeschwindigkeit (v_{ar}) (aus Literatur [17] und [42])

Legende

X relative Windgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Y Gehgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

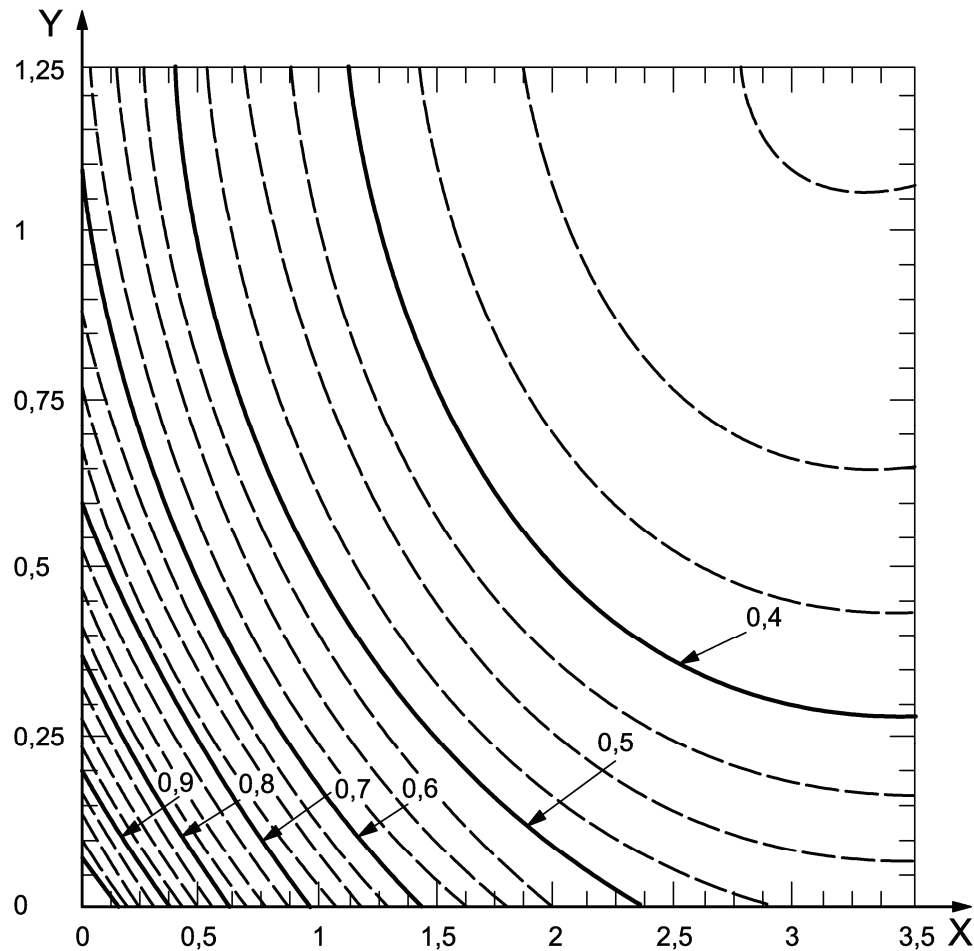
**Bild 6 — Korrekturfaktor für die Wirkung von Wind und Körperbewegung
bei Kaltwetterkleidung ($I_T > 2 \text{ clo}$)**

8.3 Korrektur des Verdunstungswiderstandes der Bekleidung

Es hat sich erwiesen, dass die Verringerung von $R_{e,T}$ mit der Verringerung von I_T in Beziehung steht. Auf der Grundlage des Reduktionsfaktors für I_T kann der sich ergebende Verdunstungswiderstand unter Wind- und Bewegungsbedingungen, $R_{e,T,r}$, berechnet werden als [12], [13]:

$$R_{e,T,r} = (0,3 - 0,5 \times \text{corr } I_T + 1,2 \times \text{corr } I_T^2) \cdot R_{e,T} \quad (37)$$

Dabei ist $\text{corr } I_T$ der Korrekturfaktor für die Bekleidungsisolation [wie z. B. in Gleichung (32)]. Diese Beziehung ist in Bild 7 dargestellt.



Gültigkeit bis $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ Gehgeschwindigkeit (v_W) und $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ relativer Windgeschwindigkeit (v_{ar}) (aus Literatur [12] und [13])

v_{ar} von $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

v_W von $0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ bis $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Legende

X relative Windgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Y Gehgeschwindigkeit, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Bild 7 — Korrekturfaktor ($R_{e,T,r}$ zu $R_{e,T}$) für die Verringerung des Verdunstungswiderstandes der Bekleidung im Verhältnis zu Wind und Körperbewegung

$R_{e,T,r}$ kann auch direkt aus der Wind- und Gehgeschwindigkeit berechnet werden als [12], [13]:

$$R_{e,T,r} = e^{\left[-0,468 \times (v_{ar} - 0,15) + 0,080 \times (v_{ar} - 0,15)^2 - 0,874 v_W + 0,358 v_W^2 \right]} \cdot R_{e,T} \quad (38)$$

Dabei ist

v_{ar} die Windgeschwindigkeit relativ zur Person, in Meter durch Sekunde, min. $0,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, max. $3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

v_w die Gehgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde, max. $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

ANMERKUNG Die Gleichungen (37) und (38) wurden unabhängig voneinander aus Rohdaten abgeleitet und können dadurch leicht unterschiedliche Ergebnisse ergeben.

Diese Gleichungen können für Kleidungsstücke in einem breiten Bereich der Dampfdurchlässigkeit angewendet werden, da nachgewiesen wurde, dass die relative Veränderung des Verdunstungswiderstandes durch Bewegung und Wind ähnlich ist [12], [13].

8.4 Aktivitäten außer Gehen

Wenn anstatt des Gehens andere, weniger definierte Tätigkeiten (z. B. Arbeiten am Fließband) durchgeführt werden, kann der Wert für die Gehgeschwindigkeit in den Gleichungen ersetzt werden durch:

$$v_w = 0,0052 \cdot (M - 58) \quad (39)$$

Dabei ist M die Stoffwechselrate, in Watt durch Quadratmeter ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$), und v_w auf $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ begrenzt.

8.5 Relative Luftgeschwindigkeit

Die in den Gleichungen (32) bis (38) verwendete Windgeschwindigkeit ist die Luftgeschwindigkeit relativ zur Person, auch bezeichnet als „relative Luftgeschwindigkeit“. Wenn die Person dem Wind entgegengeht, ist die relative Luftgeschwindigkeit für die Person einfach die Summe von Gehgeschwindigkeit und Luftgeschwindigkeit. Mit dem Wind im Rücken ist die relative Luftgeschwindigkeit der absolute Wert der Differenz zwischen Gehgeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit. Für alle anderen Winkel kann die relative Luftgeschwindigkeit berechnet werden als [11], [12]:

$$v_{ar} = \sqrt{[v_w - v_a \cdot \cos(\alpha)]^2 + [v_a \cdot \sin(\alpha)]^2} \quad (40)$$

Dabei ist

v_a die absolute Luftgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde;

v_w die Gehgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde;

α der Winkel zwischen dem Gehen und der Luftbewegung (0° , falls in gleicher Richtung wirkend).

Wenn die Luftbewegung nicht in einer Richtung verläuft oder wenn die Bewegung der Person nicht in einem gleich bleibenden Winkel zur Luftbewegung verläuft (z. B. Umhergehen in einem Raum), kann die relative Luftgeschwindigkeit in Hinsicht auf die Person als der Mittelwert aller möglichen Winkel zwischen Luftrichtung und Gehrichtung berechnet werden. Diese Werte können aus Bild 8 abgeleitet werden.

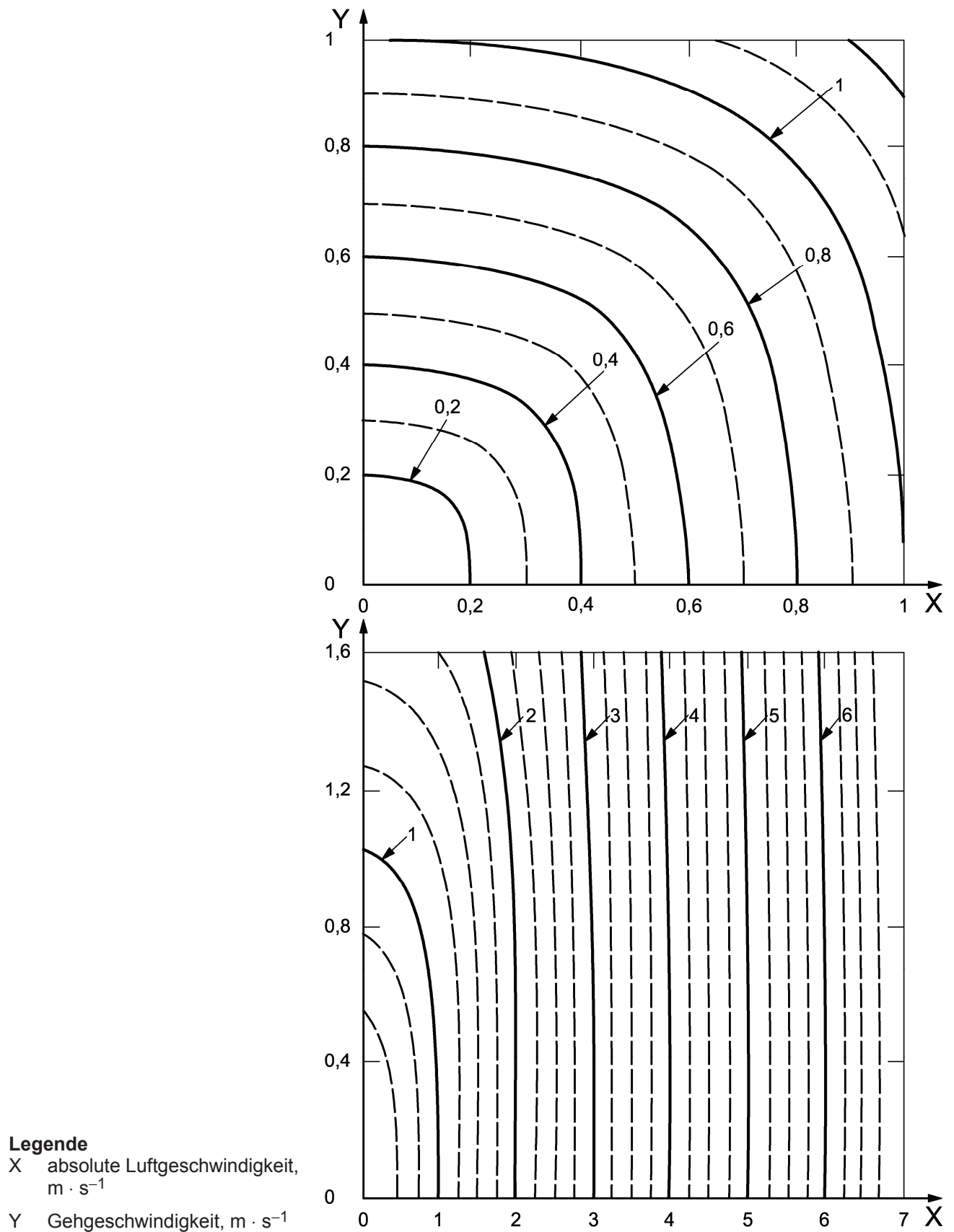


Bild 8 — Werte für die relative Luftgeschwindigkeit in Beziehung zu Geh- und absoluten Luftgeschwindigkeiten für Bewegungen in vielen Richtungen unter der Annahme, dass die Einwirkung aller Winkel der Windbewegung gleich ist [11]

9 Weitere Faktoren, die die Bekleidungsisolation beeinflussen

9.1 Allgemeines

Außer der Bewegung der Luft und des Körpers können auch weitere Faktoren die Bekleidungsisolation beeinflussen. Die am stärksten zu betrachtenden sind die Körperhaltung, die Verwendung von Stühlen, Unter- oder Überdruck in der Umgebung und Durchnässung der Bekleidung.

9.2 Körperhaltung

Veränderungen der Körperhaltung (z. B. Hinsetzen) wirken sich einerseits auf die Körperoberfläche des Menschen, die für den Wärmeaustausch zur Verfügung steht, aus, außerdem bilden sich Lufttaschen (Knie, Hüfte), die zusammen zu einer Zunahme der Isolation durch die Luftschicht I_a führen. Andererseits nimmt die Bekleidungsisolation (I_{cl}) üblicherweise ab, wenn eine Person sitzt, da die Bekleidung an Rücken, Oberschenkeln und Gesäß zusammengedrückt wird. I_{cl} nimmt im typischen Fall um 6 % bis 18 % ab, und I_a nimmt zwischen 10 % und 25 % zu. Die kombinierte Wirkung hängt also vom Verhältnis zwischen der Isolation durch Bekleidung und Luft ab. Bei unbedeckten Personen nimmt die Isolation im typischen Fall um 10 % zu, bei dicker Bekleidung nimmt sie um 10 % ab. Bei diesen Auswirkungen ist die Wirkung des Sitzes selbst nicht einbezogen.

9.3 Wirkung von Sitzen

Abhängig von der Art des Sitzes wird er die Isolation einer Person vergrößern oder verringern, hervorgerufen durch das zusätzlich isolierende Material gegenüber dem Zusammendrücken der Kleidung. Bei einer Simulatorpuppe mit einer Isolation von 1,36 clo erhöht ein Standard-Kraftfahrzeugsitz die Isolation um 0,25 clo (auf 1,61 clo). Die Belüftung dieses Kraftfahrzeugsitzes ergibt eine abnehmende Isolation. Bürostühle zeigen eine um 0,04 clo bis 0,17 clo zunehmende Isolation, abhängig von der Höhe der Rückenlehne und der Dicke der Sitze. Bei einem Sofa nimmt die Isolation um 0,21 clo zu. Ein Korbstuhl oder Holzstuhl ergibt eine um 0,03 clo abnehmende Isolation [38].

9.4 Auswirkungen des Drucks

Eine Veränderung im Luftdruck, z. B. eine Verringerung in größerer Höhe, wirkt sich sowohl auf die Übertragung trockener Wärme als auch auf die Verdunstung aus. In der Höhe ist die Luft dünner, was die Wärmeübertragung durch Konvektion verringert und so die Isolation gegenüber trockener Wärme erhöht. Der niedrige Druck wird jedoch die Wärmeübertragung durch Verdunsten fördern. Die Gesamtwirkung hängt vom Gleichgewicht zwischen diesen Prozessen und dem Ausmaß des vorhandenen Schwitzens ab.

9.5 Durchnässen

Wenn Kleidung nass wird, verliert sie einen Teil ihrer Isolation. Die Flüssigkeit erhöht die Wärmeleitfähigkeit des Materials und verringert so die Isolation. Das Vorhandensein von Feuchtigkeit in der Kleidung bewirkt auch eine zusätzliche Verdunstung und zunehmenden Wärmeverlust [30].

9.6 Waschen

Waschen kann die Wärmeisolationswerte verändern. Diese Wirkung hängt von der Textilart ab, liegt aber üblicherweise innerhalb der Messgenauigkeit. Die Isolation kann durch Zusammenziehen von Fasern in gewebten oder gestrickten Kleidungsstücken zunehmen, sie nimmt aber meist durch Verringerung der Dicke ab. Besonders Kälteschutzkleidung mit Polyesterfüllung neigt dazu, beim Waschen an Dicke und Isolation abzunehmen.

Anhang A (normativ)

Wärmeisolationswerte für Bekleidungskombinationen

Die Werte der Messungen wurden an einer stehenden Wärmeisolationspuppe, mit einer Lüftbewegung unterhalb von $0,2 \text{ ms}^{-1}$ ermittelt.

Tabelle A.1 zeigt Werte für typische Bekleidungskombinationen. Tabelle A.2 bis Tabelle A.7 geben detailliert Zusammenstellungen von Kleidungsstücken und -kombinationen wieder, während Tabelle A.8 bis Tabelle A.10 Informationen zu Spezialanwendungen und Kombinationen mit regionalen Bezügen aufzeigen. Die Nummern der im Einzelnen genannten Kleidungsstücke beziehen sich auf die im Anhang B ausgewiesenen. Bei der Angabe der Masse sind die Schuhe nicht berücksichtigt. Die mit „Nr.“ bezeichnete Spalte in Tabelle A.2 bis Tabelle A.7 weist die Nummer der jeweiligen Bekleidungskombination aus. Die Nummer eines einzelnen Kleidungsstückes als Bestandteil einer Kombination ist direkt hinter dem Namen angegeben. Der Name und die Nummer entsprechen denen in Anhang B. Die mit „Kombination“ bezeichnete Spalte weist auf eine vergleichbare Bekleidungskombination hin und listet solche Einzelkleidungsstücke auf, um die die aktuelle Bekleidungskombination ergänzt wurde.

Waschen kann die Wärmeisolationswerte verändern. Diese Wirkung ist von der Textilart abhängig, liegt jedoch üblicherweise innerhalb der Messgenauigkeit. Die Messungen wurden entsprechend der Beschreibung in Anhang D durchgeführt: Operative Raumtemperatur, mittlere Hauttemperatur sowie der mittlere Wärmeverlust der Wärmeisolationspuppe wurden jeweils aufgezeichnet.

Tabelle A.1 — Isolationswerte typischer Bekleidungskombinationen

Arbeitskleidung	I_{cl}		Tageskleidung	I_{cl}	
	clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$		clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
Unterhose, Arbeitskombination, Socken, Schuhe	0,7	0,11	Slip, T-Shirt, Shorts, leichte Socken, Sandalen	0,3	0,05
Unterhose, Hemd, Hose, Socken, Schuhe	0,75	0,115	Slip, Unterrock, Strümpfe, leichtes Kleid mit Ärmeln, Sandalen	0,45	0,07
Unterhose, Hemd, Arbeitskombination, Socken, Schuhe	0,8	0,125	Unterhose, Hemd mit kurzem Arm, leichte Hose, leichte Socken, Schuhe	0,5	0,08
Unterhose, Hemd, Hose, Jacke, Socken, Schuhe	0,85	0,135	Slip, Strümpfe, Hemd mit kurzem Arm, Rock, Sandalen	0,55	0,085
Unterhose, Hemd, Hose, Kittel, Socken, Schuhe	0,9	0,14	Unterhose, Hemd, Hose aus leichtem Gewebe, Socken, Schuhe	0,6	0,095
Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Jacke, Socken, Schuhe	1	0,155	Slip, Unterrock, Strümpfe, Kleid, Schuhe	0,7	0,105
Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Arbeitskombination, Socken, Schuhe	1,1	0,17	Unterwäsche, Hemd, Hose, Socken, Schuhe	0,7	0,11
Unterwäsche mit langem Arm und Bein, Thermojacke, Hose, Socken, Schuhe	1,2	0,185	Unterwäsche, Trainingsanzug (Pullover und Hose), lange Socken, Laufschuhe	0,75	0,115
Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Jacke, Thermojacke, Socken, Schuhe	1,25	0,19	Slip, Unterrock, Hemd, Rock, dicke Kniesocken, Schuhe	0,8	0,12
Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Arbeitskombination, Thermojacke und -hose, Socken, Schuhe	1,4	0,22	Slip, Hemd, Rock, Pullover mit Rundkragen, dicke Kniesocken, Schuhe	0,9	0,14
Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Jacke, Thermojacke und -hose, Socken, Schuhe	1,55	0,225	Unterhose, Unterhemd mit kurzem Arm, Hemd, Hose, Pullover mit V-Ausschnitt, Socken, Schuhe	0,95	0,145
Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Jacke, Überziehjacke und Latzhose mit schwerem Steppfutter, Socken, Schuhe	1,85	0,285	Slip, Hemd, Hose, Jacke, Socken, Schuhe	1	0,155
Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Jacke, Überziehjacke und Latzhose mit schwerem Steppfutter, Socken, Schuhe, Mütze, Handschuhe	2	0,31	Slip, Strümpfe, Hemd, Rock, Weste, Jacke	1	0,155
Unterwäsche mit langem Arm und Bein, Thermojacke und -hose, Thermoüberziehjacke und -hose, Socken, Schuhe	2,2	0,34	Slip, Strümpfe, Bluse, langer Rock, Jacke, Schuhe	1,1	0,17

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Arbeitskleidung	I_{cl}		Tageskleidung	I_{cl}	
	clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$		clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
Unterwäsche mit langem Arm und Bein, Thermojacke und -hose, Anorak und Latzhose mit schwerem Steppfutter, Socken, Schuhe, Mütze, Handschuhe	2,55	0,395	Unterwäsche, Unterhemd mit kurzem Arm, Hemd, Hose, Jacke, Socken, Schuhe	1,1	0,17
			Unterwäsche, Unterhemd mit kurzem Arm, Hemd, Hose, Weste, Jacke, Socken, Schuhe	1,15	0,18
			Unterwäsche mit langem Arm und Bein, Hemd, Hose, Pullover mit V-Ausschnitt, Jacke, Socken, Schuhe	1,3	0,2
			Unterwäsche mit kurzem Arm und Bein, Hemd, Hose, Weste, Jacke, Mantel, Socken, Schuhe	1,5	0,23

Tabelle A.2 — Zusätzliche Isolationswerte für verschiedene Bekleidungskombinationen — Tageskleidung [32]

Nr.	Beschreibung der Kombination (die Zahlen hinter den Kleidungsstücken beziehen sich auf Tabelle B.2)	Kombi- nation	Masse g	f_{cl}	I_{cl}		I_T	
					clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$	clo	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
Tageskleidung: Hose, Hemd/Bluse								
100	Unterhose ohne Beinansatz 8, Unterhemd T-Shirt-Form 30, Boxershorts 364, Socken wadenlang 264, Turnschuhe 262		318	1,10	0,33	0,051	0,98	0,151
101	Slip 1, schulterfreies Oberteil 69, kurze Shorts 99, Sandalen 272		258	1,07	0,23	0,036	0,89	0,139
102	Unterhose ohne Beinansatz 8, Hemd mit kurzem Arm 79, Shorts 97, Socken wadenlang 265, Schuhe 260		622	1,11	0,41	0,064	1,05	0,163
103	Unterhose ohne Beinansatz 8, Hemd mit ¾-Arm 66, Shorts 97, Socken 263, Turnschuhe 262		451	1,17	0,52	0,081	1,13	0,175
106	Slip 1, ärmellose Bluse 68, anliegende Hose 102, Sandalen 272		523	1,14	0,44	0,068	1,06	0,165
107	Unterhose ohne Beinansatz 8, Hemd mit kurzem Arm 79, anliegende Hose 102, Socken wadenlang 265, Schuhe 260		725	1,14	0,50	0,078	1,12	0,174
108	Unterhose ohne Beinansatz 8, Hemd 75, anliegende Hose 102, Socken wadenlang 265, Schuhe 260		693	1,19	0,62	0,096	1,22	0,189
112	Unterhose ohne Beinansatz 8, Unterhemd T-Shirt-Form 30, Hemd mit langen Arm 76, locker fallende Hose 103, Socken wadenlang 265, Schuhe 260		1 072	1,30	0,89	0,138	1,44	0,223
121	Unterhose ohne Beinansatz 8, Pullover 290, Trainingshose 291, Socken wadenlang 264, Segeltuchturnschuhe 262		776	1,19	0,77	0,119	1,37	0,212
124	Unterhose ohne Beinansatz 8, Unterhemd T-Shirt-Form 30, Overall 114, Socken wadenlang 264, Schuhe 260		1 247	1,23	0,72	0,112	1,30	0,201